

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-3858

(43)公開日 平成11年(1999)1月6日

(51)Int.Cl.⁴
H 0 1 L 21/027
G 0 3 F 7/20
G 2 1 K 1/06
5/02

識別記号
5 0 3

F I
H 0 1 L 21/30
G 0 3 F 7/20
G 2 1 K 1/06
5/02

5 3 1 A
5 0 3
M
X

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平10-117765
(22)出願日 平成10年(1998)4月13日
(31)優先権主張番号 特願平9-115321
(32)優先日 平9(1997)4月17日
(33)優先権主張国 日本 (J P)

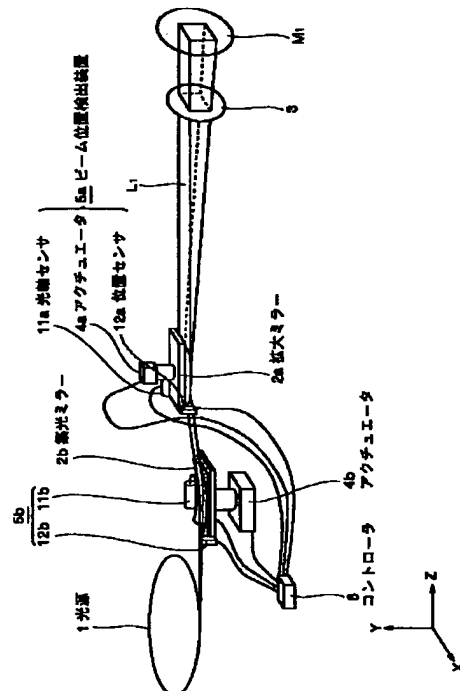
(71)出願人 000001007
キヤノン株式会社
東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(72)発明者 長谷川 隆行
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(72)発明者 渡辺 豊
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内
(74)代理人 弁理士 阪本 善朗

(54)【発明の名称】 X線光学装置、X線露光装置および半導体デバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】 拡大ミラーや集光ミラーに対するX線の相対的位置ずれを補正する。

【解決手段】 光源1から発生されたシートビーム状のX線は、集光ミラー2bによってX軸方向に集光され、拡大ミラー2aによってY軸方向に拡大される。各ミラー2a、2bに対するX線の相対的位置ずれを光軸センサ11a、11bおよび位置センサ12a、12bによって検出し、アクチュエータ4a、4bによって各ミラー2a、2bの位置と姿勢を補正することで、均一なX線強度分布を保つ。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系におけるX線の傾きと入射位置の少なくとも一方を検出するビーム位置検出手段と、該ビーム位置検出手段の検出結果に基づいて前記駆動手段による各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有することを特徴とするX線光学装置。

【請求項2】 駆動手段が、各ミラーの位置と姿勢を変化させるように構成されていることを特徴とする請求項1記載のX線光学装置。

【請求項3】 ビーム位置検出手段が、2枚のミラーのそれぞれに配設された光軸センサと位置センサを備えていることを特徴とする請求項1または2記載のX線光学装置。

【請求項4】 ビーム位置検出手段が、2枚のミラーの一方に配設された光軸センサと位置センサを備えており、制御手段が、前記ビーム位置検出手段の検出結果に基づいて前記一方のミラーの駆動量を制御するとともに、前記ビーム位置検出手段の検出結果と前記一方のミラーの前記駆動量に基づいて前記2枚のミラーのうちの他方の駆動量を制御するように構成されていることを特徴とする請求項1または2記載のX線光学装置。

【請求項5】 X線照明系が、X線のビーム断面の一方における集光と他方向における拡大を実行するように構成されていることを特徴とする請求項1ないし4いずれか1項記載のX線光学装置。

【請求項6】 X線照明系が、X線による走査照明を行なうように構成されていることを特徴とする請求項1ないし4いずれか1項記載のX線光学装置。

【請求項7】 少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系によって照射されたX線のX線強度分布を有効ビーム断面の外側で検出するX線強度分布検出手段と、該X線強度分布検出手段の検出結果に基づいて前記駆動手段による各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有することを特徴とするX線光学装置。

【請求項8】 駆動手段が、各ミラーの位置と姿勢を変化させるように構成されていることを特徴とする請求項7記載のX線光学装置。

【請求項9】 2枚のミラーの少なくとも一方に位置センサが配設されており、制御手段が、X線強度分布検出手段の検出結果と前記位置センサの検出結果に基づいて各ミラーの駆動量を制御するように構成されていることを特徴とする請求項7または8記載のX線光学装置。

【請求項10】 少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系におけるX線の傾きと入射位置の少なくとも一方を検出するビーム位置検出手段と、該ビーム位置検出手段の検出結果に基づいて前記駆動手段に

よる各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有し、前記2枚のミラーを介した前記X線によって所定の対象が露光されることを特徴とするX線露光装置。

【請求項11】 X線照明系が、X線のビーム断面の一方における集光と他方向における拡大を実行するように構成されていることを特徴とする請求項10記載のX線露光装置。

【請求項12】 X線照明系が、X線による所定の対象の走査露光を行なうように構成されていることを特徴とする請求項10記載のX線露光装置。

【請求項13】 少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系によって照射されたX線のX線強度分布を有効ビーム断面の外側で検出するX線強度分布検出手段と、該X線強度分布検出手段の検出結果に基づいて前記駆動手段による各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有し、前記2枚のミラーを介した前記X線によって所定の対象が露光されることを特徴とするX線露光装置。

【請求項14】 少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系におけるX線の傾きと入射位置の少なくとも一方を検出する工程と、その検出結果に基づいて各ミラーを駆動する工程と、前記2枚のミラーを介した前記X線によるパターンの基板への焼き付け露光を行なう工程と、焼き付けられたパターンを用いてデバイスを製造する工程を有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【請求項15】 少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系によって照射されるX線のX線強度分布を有効ビーム断面の外側で検出する工程と、その検出結果に基づいて各ミラーを駆動する工程と、前記2枚のミラーを介した前記X線によるパターンの基板への焼き付け露光を行なう工程と、焼き付けられたパターンを用いてデバイスを製造する工程を有することを特徴とする半導体デバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、荷電粒子蓄積リング放射光等のX線を露光光とするX線光学装置およびこれを用いたX線露光装置ならびに半導体デバイス製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体素子の微細パターン化に伴って、1ギガビット以上のDRAMのための最小線幅0.15 μ mのパターンを転写、焼き付けすることのできる様々な露光装置の開発が進んでおり、なかでも荷電粒子蓄積リング放射光等のX線を露光光とするX線露光装置は、転写、焼き付けの精度と生産性の双方にすぐれており、将来性が大きく期待されている。

【0003】図13に示すように、荷電粒子蓄積リング放射光等のX線（SR光）は、荷電粒子蓄積リング等の

3

光源101の軌道に垂直な方向(Y軸方向)に厚みの薄いシートビームとして発光点から引き出されるため、拡大ミラー102等のビーム拡大装置によってY軸方向に拡大する。このようにして必要な露光画角に拡大された拡大ビームH₁を、ベリリウム窓103を通して露光室に導入し、マスクN₁を経て図示しないウエハを露光する。

【0004】光源101から露光室のベリリウム窓103に到るまでのビームダクト等は、X線の減衰を防ぐために超高真空の雰囲気中に制御され、また、露光室内も、ヘリウムガス等の減圧雰囲気に制御される。

【0005】拡大ミラー102は、円筒状に湾曲した反射面を有するシリンドリカルミラーであって、図示しない真空室内に懸下されている。拡大ミラー102の反射面とX線の相対位置すなわちX線の入射位置がY軸方向に変化すると、拡大ビームH₁のX線強度分布が大きく変動し、露光画角内に著しい強度むらが発生して均一な露光を行なうことができない。そこで、拡大ミラー102をY軸方向に移動させるアクチュエータ104を設けるとともに、拡大ミラー102に入射するX線のY軸方向の相対的位置ずれを検出するための位置センサ105を設ける。位置センサ105は、拡大ミラー102と一体的に配設され、位置センサ105の出力をコントローラ106に導入してアクチュエータ104を制御する。

【0006】これとは別にシート状のX線のままでマスクを走査することにより全面を露光するX線露光装置も知られている。

【0007】図14は走査ミラーシステムとその座標系を示すものである。光源201からのシート状のSR光(X線)H₂を、平面状の走査ミラー202を不図示の駆動手段で揺動することでY軸方向に走査してマスクN₂の全面にSR光H₂が照射されるようにするものである。このミラーシステムではSR光H₂はそのままマスク面に照射されている。

【0008】このようなシステムにおいては、SR光H₂のY軸方向の強度分布の中心が走査ミラー202の反射面に対してY軸方向にのみずれないように制御している。これはSR光H₂と走査ミラー反射面のY軸方向のずれによってマスクN₂上のX線強度が大きく変動するが、その他のX軸方向のずれ、ωY方向のずれ(Y軸まわりの回転ずれ)については影響は少ないためである。

【0009】この理由は、まず集光を行なわないX線照明装置においてはミラーの反射面のX軸方向は平坦であり、そのためSR光とミラーの反射面のX軸方向のずれはマスク面上のX線の強度変動は生じず、また、ωY方向のずれによる影響も少ないからである。

【0010】そこで、SR光H₂のY軸方向の強度分布の中心がミラー反射面の所定の位置から相対的に移動しないように、位置センサ205と、走査ミラー202の揺動中心をY軸方向に移動させるアクチュエータ204

4

と、位置センサ205の出力に基づいてアクチュエータ204を制御するコントローラ206を設けて、マスクN₂上のX線強度分布が変化するのを防ぐように構成されている。

【0011】また、最近では、荷電粒子蓄積リング放射光等のX線を拡大ミラーによってY軸方向に拡大するとともに、拡大ミラーや走査ミラーの上流側においてX線をX軸方向に集光する集光ミラーを設けて、より強度の高い拡大ビームや走査ビームを得るように構成したX線露光装置が開発されている。集光ミラーは、シートビーム状のX線をX軸方向に集光する凹面ミラーであって、X線の強度を増大させることで露光時間を大幅に短縮できる。すなわち、2枚のミラーを有するX線照明系を用いることで、マスクの全面を強いX線によって均一に露光し、X線露光装置の生産性を向上させることができる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上記従来の技術によれば、拡大ミラーや走査ミラーに集光ミラーを加えた少なくとも2枚のミラーを用いる場合には、前述のようにX線ビームのY軸方向の入射位置のずれを検出して拡大ミラーや走査ミラーの位置を調節するだけでは均一なX線強度分布を得ることができない。集光ミラーに対してX線ビームの入射位置がX軸方向にずれたり、X線ビームの光軸が傾いた場合には、集光ミラーの反射角が大きく変化して露光画角内のX線強度分布が2次元的に変動するためである。

【0013】このように、集光ミラー等を有するX線照明系を用いたX線露光装置においては充分な転写精度を得るのが難しいという未解決の課題がある。

【0014】本発明は上記従来の技術の有する未解決の課題に鑑みてなされたものであり、少なくとも2枚のミラーを経てマスク等原版に照射されるX線のX線強度分布を均一に制御して、X線露光装置の転写精度や生産性を大きく向上できるX線光学装置およびこれを用いたX線露光装置ならびに半導体デバイス製造方法を提供することを目的とするものである。

【0015】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明のX線光学装置は、少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系におけるX線の傾きと入射位置の少なくとも一方を検出するビーム位置検出手段と、該ビーム位置検出手段の検出結果に基づいて前記駆動手段による各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有することを特徴とする。

【0016】駆動手段が、各ミラーの位置と姿勢を変化させるように構成されているとよい。

【0017】ビーム位置検出手段が、2枚のミラーのそれぞれに配設された光軸センサと位置センサを備えてい

10

20

30

40

50

るとよい。

【0018】ビーム位置検出手段が、2枚のミラーの一方に配設された光軸センサと位置センサを備えており、制御手段が、前記ビーム位置検出手段の検出結果に基づいて前記一方のミラーの駆動量を制御するとともに、前記ビーム位置検出手段の検出結果と前記一方のミラーの前記駆動量に基づいて前記2枚のミラーのうちの他方の駆動量を制御するように構成されていてもよい。

【0019】X線照明系が、X線のビーム断面の一方における集光と他方向における拡大を実行するように構成されているとよい。

【0020】X線照明系が、X線による走査照明を行なうように構成されていてもよい。

【0021】また、少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系によって照射されたX線のX線強度分布を有効ビーム断面の外側で検出するX線強度分布検出手段と、該X線強度分布検出手段の検出結果に基づいて前記駆動手段による各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有することを特徴とするX線光学装置でもよい。

【0022】2枚のミラーの少なくとも一方に位置センサが配設されており、制御手段が、X線強度分布検出手段の検出結果と前記位置センサの検出結果に基づいて各ミラーの駆動量を制御するように構成されていてもよい。

【0023】本発明のX線露光装置は、少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系におけるX線の傾きと入射位置の少なくとも一方を検出するビーム位置検出手段と、該ビーム位置検出手段の検出結果に基づいて前記駆動手段による各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有し、前記2枚のミラーを介した前記X線によって所定の対象が露光されることを特徴とする。

【0024】X線照明系が、X線のビーム断面の一方における集光と他方向における拡大を実行するように構成されているとよい。

【0025】X線照明系が、X線による所定の対象の走査露光を行なうように構成されていてもよい。

【0026】また、少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系と、前記2枚のミラーをそれぞれ駆動する駆動手段と、前記X線照明系によって照射されたX線のX線強度分布を有効ビーム断面の外側で検出するX線強度分布検出手段と、該X線強度分布検出手段の検出結果に基づいて各ミラーの駆動量を制御する制御手段を有し、前記2枚のミラーを介した前記X線によって所定の対象が露光されることを特徴とするX線露光装置でもよい。

【0027】本発明の半導体デバイス製造方法は、少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系におけるX線の傾きと入射位置の少なくとも一方を検出する工程と、そ

の検出結果に基づいて各ミラーを駆動する工程と、前記2枚のミラーを介した前記X線によるパターンの基板への焼き付け露光を行なう工程と、焼き付けられたパターンを用いてデバイスを製造する工程を有することを特徴とする。

【0028】また、少なくとも2枚のミラーを備えたX線照明系によって照射されるX線のX線強度分布を有効ビーム断面の外側で検出する工程と、その検出結果に基づいて各ミラーを駆動する工程と、前記2枚のミラーを介した前記X線によるパターンの基板への焼き付け露光を行なう工程と、焼き付けられたパターンを用いてデバイスを製造する工程を有することを特徴とする半導体デバイス製造方法でもよい。

【0029】

【作用】少なくとも2枚のミラーを用いてX線の集光および拡大または走査を行なうX線照明系においては、各ミラーに対するX線の傾きや入射位置の変動によってX線強度分布が変化し、均一な露光を行なうことができない。そこで、X線の傾きや入射位置を検出するための光軸センサや位置センサ等のビーム位置検出手段あるいはX線の有効ビーム断面の外側でX線強度分布を検出するX線強度分布検出手段を配設し、その検出結果に基づいて各ミラーの位置や姿勢を変化させることで、露光画角内のX線強度分布を一定に保つ。

【0030】これによって、ウエハ等基板の露光むらを防ぎ、パターンの転写精度を大幅に向上できる。

【0031】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0032】図1は第1実施例によるX線露光装置のX線光学装置を示す。荷電粒子蓄積リング等の光源1から発生されるX線（SR光）は、荷電粒子蓄積リング等の軌道に垂直な方向（Y軸方向）に厚みの薄いシートビームとして発光点から引き出されるため、ミラーである拡大ミラー2aによってY軸方向に拡大する。また、拡大ミラー2aの上流側には、X軸方向に湾曲する凹面状のミラーである集光ミラー2bが配設され、前記X線をX軸方向に集光して強度を高くしたうえで拡大ミラー2aに入射させるように構成されている。

【0033】このように拡大ミラー2aと集光ミラー2bを有するX線照明系によって集光、拡大された拡大ビームL₁は、ベリリウム窓3を通して露光室に導入され、原版であるマスクM₁を経て図示しないウエハステージ等の基板保持手段に保持された基板であるウエハを露光する。光源1から露光室のベリリウム窓3に到るまでのビームダクト等は、X線の減衰を防ぐために超高真空の雰囲気中に制御され、また、露光室内も、ヘリウムガス等の減圧雰囲気に制御される。

【0034】拡大ミラー2aは、円筒状に湾曲した反射面を有するシリンドリカルミラーであって、図示しない

真空室内に懸下されている。X線のゆらぎ等によって拡大ミラー2aに対するX線の入射位置や傾きが変化すると、拡大ビームL₁のX線強度分布が大きく変動し、露光画角内に著しい強度むらが発生して均一な露光を行なうことができない。そこで、拡大ミラー2aの位置や姿勢を変化させる駆動手段であるアクチュエータ4aを設けるとともに、拡大ミラー2aに対するX線の相対的位置ずれを検出するビーム位置検出手段であるビーム位置検出装置5aを拡大ミラー2aと一体的に配設し、ビーム位置検出装置5aの出力(検出結果)を制御手段であるコントローラ6に導入してアクチュエータ4aの駆動量を制御するように構成する。

【0035】拡大ミラー2aと同様に、集光ミラー2bも真空室内に配設されており、駆動手段であるアクチュエータ4bによって支持されている。X線のゆらぎ等によって集光ミラー2bに対するX線の入射位置や傾きが変化すると、必要な集光力を得ることができず、拡大ビームL₁のX線強度分布が著しく変動し、均一な露光を行なうことができない。そこで、集光ミラー2bの位置や姿勢を変化させるアクチュエータ4bを設けるとともに、集光ミラー2bに対するX線の相対的位置ずれを検出するビーム位置検出手段であるビーム位置検出装置5bを集光ミラー2bと一体的に配設し、ビーム位置検出装置5bの出力(検出結果)をコントローラ6に導入してアクチュエータ4bの駆動量を制御する。

【0036】拡大ミラー2aのビーム位置検出装置5aと集光ミラー2bのビーム位置検出装置5bは同一構成を有するもので、それぞれ、X線のX軸方向の入射位置と ωX 、 ωY 方向の入射角度(光軸の傾き)を検出する光軸センサ11a、11bと、X線のY軸方向の入射位置と ωZ 方向の傾斜角度(光軸のまわりの傾き)を検出する位置センサ12a、12bからなる。

【0037】光軸センサ11a、11bはそれぞれ、図2に示すように、筒状の枠体10aと、その一端に固着されたピンホール10bと、枠体10aの他端に保持されたX線エリアセンサ10cを有し、ピンホール10bを通ったX線をX線エリアセンサ10c上のスポットとして感知する。X線の光軸が傾くと、X線エリアセンサ10c上のスポットの位置が変動する。このようなスポット位置の変動量を計測して、該変動量と、ピンホール10bとX線エリアセンサ10c間の距離から、X線の光軸の ωX 、 ωY 方向の傾きを算出し、これらのデータを用いて、拡大ミラー2aや集光ミラー2bに対するX線のX軸方向の入射位置と ωX 、 ωY 、方向の入射角度の変化を求める。

【0038】位置センサ12a、12bはそれぞれ、図3に示すように、拡大ミラー2a、集光ミラー2bと一体である支持体10dと、これに支持された第1ないし第3のX線強度センサ10e~10gを有し、第1、第2のX線強度センサ10e、10fはX軸方向に直列に

配列され、第2、第3のX線強度センサ10f、10gはY軸方向に直列に配列されている。第1、第2のX線強度センサ10e、10fの出力の比からシートビーム状のX線の光軸まわり(ωZ 方向)の入射角度を検出し、第2、第3のX線強度センサ10f、10gの出力の和と差を比較して、X線のY軸方向の入射位置を検出する。

【0039】このように、拡大ミラー2aと集光ミラー2bのそれぞれにX線のX軸方向、Y軸方向の入射位置と ωX 、 ωY 、 ωZ 方向の入射角度を検出するビーム位置検出装置5a、5bを設け、これらの出力に基づいて拡大ミラー2aと集光ミラー2bのアクチュエータ4a、4bの駆動量を制御することで、拡大ミラー2a、集光ミラー2bとこれらに入射するX線の間の相対的位置ずれを回避する。

【0040】拡大ミラー2aによって厚さ方向(Y軸方向)に拡大され、しかも集光ミラー2bによって高強度に集光された拡大ビームL₁のX線強度分布を常に一定に保つことにより、均一な一括露光を短時間で実行することが可能となる。これによって、X線露光装置の転写精度を向上させ、かつ、スループットを大幅に改善できる。

【0041】図4は第1実施例の一変形例を示す。これは、集光ミラー2bのみにビーム位置検出装置5bを配設し、拡大ミラー2aのビーム位置検出装置5aを省略したものである。拡大ミラー2aに対するX線の入射位置と傾き等については、集光ミラー2bのアクチュエータ4bの駆動量とビーム位置検出装置5bの出力に基づいてコントローラ6において算出する。特に、拡大ミラー2aのアクチュエータ4aが、X線のY軸方向の入射位置のみを制御するように構成されている場合は、このように集光ミラー2bのビーム位置検出装置5bの検出データを利用することでX線光学装置の構成を簡略化するとよい。

【0042】図5は第2実施例によるX線光学装置を示す。第1実施例と同様に、荷電粒子蓄積リング等の光源21から発生されるX線は、荷電粒子蓄積リング等の軌道に垂直な方向(Y軸方向)に厚みの小さいシートビームとして発光点から引き出されるため、ミラーである拡大ミラー22aによってY軸方向に拡大する。また、拡大ミラー22aの上流側には、X軸方向に湾曲する凹面状のミラーである集光ミラー22bが配設され、前記X線をX軸方向に集光して強度を高くしたうえで拡大ミラー22aに入射させるように構成されている。

【0043】このように集光ミラー22bによって集光され拡大ミラー22aによって拡大された拡大ビームL₂は、ベリリウム窓23を通して露光室に導入され、マスクM₂を経て図示しないウエハを露光する。光源21から露光室のベリリウム窓23に到るまでのビームダクト等は、X線の減衰を防ぐために超高真空の雰囲気

御され、また、露光室内も、ヘリウムガス等の減圧雰囲気により制御される。

【0044】拡大ミラー22aは、円筒状に湾曲した反射面を有するシリンドリカルミラーであって、図示しない真空室内に懸下されている。X線のゆらぎ等によって拡大ミラー22aに対するX線の入射位置や入射角度が変化すると、拡大ビームL₂のX線強度分布が大きく変動し、露光画角内に著しい強度むらが発生して均一な露光を行なうことができない。そこで、拡大ミラー22aの位置や姿勢を変化させる駆動手段であるアクチュエータ24aを設けるとともに、少なくとも4個のX線強度センサを有するX線強度分布検出手段であるX線強度分布センサ25の出力に基づいて拡大ミラー22aに対するX線の相対的位置ずれを検出してアクチュエータ24aの駆動量を制御する制御手段であるコントローラ26を設ける。

【0045】拡大ミラー22aと同様に、集光ミラー22bも真空室内に配設されており、駆動手段であるアクチュエータ24bによって支持されている。X線のゆらぎ等によって集光ミラー22bに対するX線の入射位置や入射角度が変化すると、必要な集光力を得ることができず、拡大ビームL₂のX線強度分布が著しく変動し、均一な露光を行なうことができない。そこで、集光ミラー22bの位置や姿勢を変化させる駆動手段であるアクチュエータ24bを設けるとともに、前記X線強度分布センサ25の出力に基づいて集光ミラー22bに対するX線の相対的位置ずれを検出してコントローラ26に導入し、アクチュエータ24bの駆動量を制御する。

【0046】X線強度分布センサ25は、図6に拡大して示すように、マスクM₂に照射される拡大ビームL₂の有効ビーム断面である露光画角を確定するための可変アパーチャ27の上流側に配設される開口部材30と、その開口30aの周縁に配設された8個のX線強度センサ31a～31hによって構成される。開口部材30の*

*開口30aは方形であり、X線強度センサ31a, 31c, 31e, 31gは開口30aの四隅に配設され、残りのX線強度センサ31b, 31d, 31f, 31hは開口30aの各辺の中央に配設される。なお、X線強度センサの数は少なくとも4個あればよい。すなわち、8個に限らず、例えば、開口30aの四辺に配設されるX線強度センサ31b, 31d, 31f, 31h等を省略することもできる。

【0047】集光ミラー22bによってX軸方向に集光され、拡大ミラー22aによってY軸方向に拡大された拡大ビームL₂のX線強度分布は、拡大ミラー22aや集光ミラー22bに対する入射位置や入射角度の変化に伴って、特にマスクM₂の四辺において特徴的な変化が観察される。図7の(a)は、集光ミラー22bとX線の相対的位置(傾き)が+ΔωXだけずれたときのX線強度分布をマスクM₂の表面において計測したものであるが、このグラフから解るように、全体的にY軸方向逆向き(ーの方向)にX線強度が低下しており、また、X軸方向の両端では局所的なX線強度の減少が観察される。

【0048】図7の(b)は、これとは逆に集光ミラー22bとX線の相対的位置(傾き)が-ΔωXだけずれたときのデータであるが、この場合は、全体的にY軸方向(+の方向)にX線強度が低下しており、また、X軸方向の両端では局所的なX線強度の増加が観察される。

【0049】このように露光画角の周縁に沿って配設された8個のX線強度センサ31a～31hの出力の増減のパターンから、集光ミラー22bや拡大ミラー22aに対するX線の相対的位置ずれがX、Y、ωX、ωY、ωZ方向のうちのいずれであるかを判別することができる。具体的に説明すると、X線強度センサ31a～31hの出力I_a～I_hを図示しない演算手段に導入し、これらを以下の式によって比較する。

$$\{(I_a + I_c) - (I_e + I_g)\} / \{(I_a + I_c) + (I_e + I_g)\} \quad \dots\dots\dots ①$$

$$\{(I_a + I_g) - (I_c + I_e)\} / \{(I_a + I_g) + (I_c + I_e)\} \quad \dots\dots\dots ②$$

$$\{(I_a + I_e) - (I_c + I_g)\} / \{(I_a + I_e) + (I_c + I_g)\} \quad \dots\dots\dots ③$$

$$\text{辺ac: } (I_a - I_b) / (I_a + I_b), (I_b - I_c) / (I_b + I_c) \quad \dots\dots\dots ④$$

$$\text{辺ce: } (I_c - I_d) / (I_c + I_d), (I_d - I_e) / (I_d + I_e) \quad \dots\dots\dots ⑤$$

$$\text{辺eg: } (I_e - I_f) / (I_e + I_f), (I_f - I_g) / (I_f + I_g) \quad \dots\dots\dots ⑥$$

$$\text{辺ga: } (I_g - I_h) / (I_g + I_h), (I_h - I_a) / (I_h + I_a) \quad \dots\dots\dots ⑦$$

例えば、集光ミラー22bが+ΔωXにずれた場合は、

$$① \dots \{(I_a + I_c) - (I_e + I_g)\} / \{(I_a + I_c) + (I_e + I_g)\}$$

11

12

g) } > 0

②... { (Ia+Ig) - (Ic+Ie) } / { (Ia+Ig) + (Ic+Ie) } ≒ 0

③... { (Ia+Ie) - (Ic+Ig) } / { (Ia+Ie) + (Ic+Ig) } ≒ 0

④... (Ia-Ib) / (Ia+Ib) < 0, (Ib-Ic) / (Ib+Ic) > 0

⑤... (Ic-Id) / (Ic+Id) > 0, (Id-Ie) / (Id+Ie) > 0

⑥... (Ie-I f) / (Ie+I f) < 0, (I f-I g) / (I f+I g) > 0

⑦... (I g-I h) / (I g+I h) < 0, (I h-I a) / (I h+I a) < 0

となる。これらの式の組み合わせによりX線強度分布のずれが集光ミラー22bの+△ωX方向の相対的位置ずれであることを検出し、これらの式全てが0になるようにアクチュエータ24bの駆動量を算出する。このようにして集光ミラー22bの位置や姿勢を調整する。

【0050】拡大ミラー22aによって厚さ方向(Y軸方向)に拡大され、しかも集光ミラー22bによって高強度に集光された拡大ビームL₂のX線強度分布を常に一定に保つことにより、均一な一括露光を短時間でこなうことが可能となる。これによって、X線露光装置の転写精度を向上させ、スループットを大幅に改善できる。

【0051】加えて、マスクM₂に入射する直前の拡大ビームL₂のX線強度分布を直接計測するものであるため、ウエハの露光面におけるX線強度分布を均一にするうえでより高精度な制御を行なうことができるという特筆すべき長所がある。

【0052】また、集光ミラーや拡大ミラーに光軸センサや位置センサを設ける場合に比べて、各ミラー近傍の構成が簡単であるという利点もある。

【0053】図8は第2実施例の一変形例を示す。これは、集光ミラー22bに3個のX線強度センサからなる位置センサ28を付加して、これによって、集光ミラー22bに対するX線のY軸方向とωZ方向の相対的位置ずれを検出するように構成したものである。X線強度分布センサ25によって算出する相対的位置ずれはX軸方向、ωX、ωY方向の3個ですむため、演算手段のアルゴリズムが単純になる。従って処理時間を短縮できると

いう長所がある。

【0054】図9は第3実施例を示すもので、これは、第1、第2実施例と同様に2枚のミラー42a、42bを用いたX線光学装置である。光源41から発生されたX線L₃を、第1のミラーである集光ミラー42bによってX軸方向に集光し、第2のミラーである走査ミラー42aを図示しない揺動機構によって揺動させることで、Y軸方向に走査し、マスクM₃を経て図示しない基板であるウエハの露光面角全面を走査露光する。

【0055】駆動手段であるアクチュエータ44bは、*50

*集光ミラー42bの位置と姿勢を変化させることができる。また、駆動手段であるアクチュエータ44aは、走査ミラー42aの位置と姿勢を変化させることができる。

【0056】光軸センサ51bと位置センサ52bからなるビーム位置検出装置55bは、集光ミラー42bに固定され、第1、第2実施例と同様にX線L₃の強度中心位置と光軸の傾きをそれぞれ検出する。走査ミラー42aにも、同様に光軸センサ51aと位置センサ52aからなるビーム位置検出装置45aが固定されている。

【0057】コントローラ46は、走査ミラー42aと集光ミラー42bのそれぞれのビーム位置検出装置45a、45bの出力(検出結果)に基づいて、各アクチュエータ44a、44bの駆動量を制御し、マスクM₃およびウエハ上のX線強度分布を一定に保つ。

【0058】マスクM₃およびウエハは、ヘリウムガス等の減圧雰囲気中に制御された露光室内に配設され、走査ミラー42aによって走査されるX線L₃は、ベリリウム窓43を経て露光室内に導入される。

【0059】各ビーム位置検出装置45aによって、X線L₃のX軸方向、Y軸方向、ωX軸方向、ωY軸方向、ωZ軸方向の位置変動が検出できる。これらの計測値はコントローラ46に取り込まれ走査ミラー42aのアクチュエータ44aの各軸方向の駆動量を算出し、走査ミラー42aの位置、姿勢を制御する。

【0060】集光ミラー42bもX線L₃に対して所定の位置、姿勢に制御されていなくてはならない。そのために走査ミラー42aと同様に位置センサ52bと光軸センサ51bの出力をコントローラ46に取り込みアクチュエータ44bの各軸の駆動量を算出し、集光ミラー42bの位置、姿勢を制御する。

【0061】なお、走査ミラー42aの走査露光時の揺動中心がX線L₃に対して所定の位置および姿勢になるように制御しなければならない。このため、前述の揺動機構はアクチュエータ44aの上に設置されている。すなわち、走査ミラー42aのアクチュエータ44aの駆動量は、揺動機構による走査ミラー42aの揺動中心が

X線L₃ に対して所定の位置と姿勢になるような値である。

【0062】以上説明したように、各ミラーに位置センサと光軸センサを設けることによって、極めて高精度にミラーとX線の位置合わせが可能となる。

【0063】図10は第3実施例の一変形例を示すもので、走査ミラー42aのアクチュエータ44aを、集光ミラー42bに固定された光軸センサ51bと位置センサ52bからなるビーム位置検出装置45bの出力と、集光ミラー42bのアクチュエータ44bの駆動量に基づいて制御するように構成されている。

【0064】走査ミラー42aのビーム位置検出装置45aを省略することで、揺動機構を含む走査ミラー42aの駆動部を簡略化できるという利点を有する。

【0065】次に上記説明したX線露光装置を利用した半導体デバイスの製造方法の実施例を説明する。図11は半導体デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、あるいは液晶パネルやCCD等）の製造フローを示す。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0066】図12は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ18（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）ではエッ

チングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返すことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。このような製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを製造することができる。

【0067】

【発明の効果】本発明は上述のように構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0068】少なくとも2枚のミラーを経てマスク等原版に照射されるX線のX線強度分布を均一に保ち、X線露光装置の転写精度や生産性を大きく向上できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1実施例によるX線露光装置のX線光学装置を示す模式図である。

【図2】図1の装置の光軸センサを示す斜視図である。

【図3】図1の装置の位置センサを示す立面図である。

【図4】第1実施例の一変形例を示す模式図である。

【図5】第2実施例によるX線光学装置を示す模式図である。

【図6】図5の装置のX線強度分布センサを拡大して示す拡大図である。

【図7】拡大ビームのX線強度分布の実測値を示すものである。

【図8】第2実施例の一変形例を示す模式図である。

【図9】第3実施例によるX線光学装置を示す模式図である。

【図10】第3実施例の一変形例を示す模式図である。

【図11】半導体製造工程を示すフローチャートである。

【図12】ウエハプロセスを示すフローチャートである。

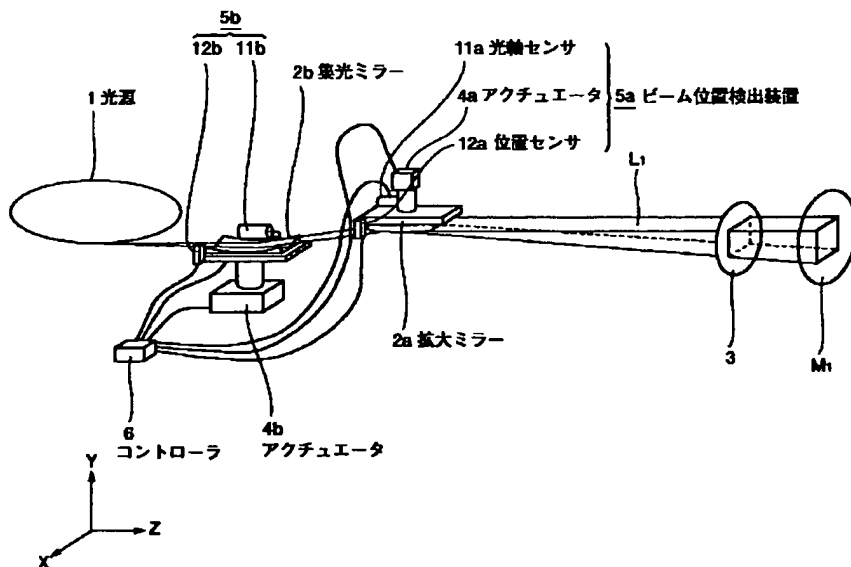
【図13】一従来例を示す模式図である。

【図14】別の従来例を示す模式図である。

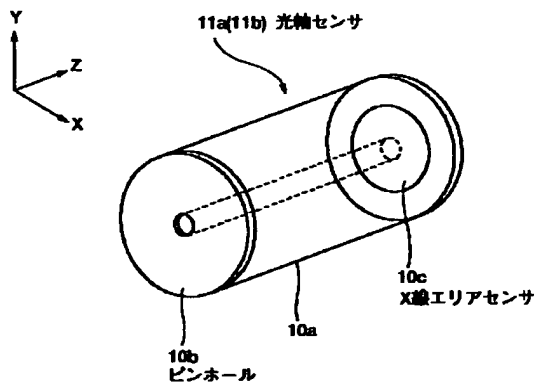
【符号の説明】

1, 21, 41 光源
2a, 22a, 42a 拡大ミラー
2b, 22b, 42b 集光ミラー
4a, 4b, 24a, 24b, 44a, 44b アクチュエータ
5a, 5b, 45a, 45b ビーム位置検出装置
6, 26, 46 コントローラ
11a, 11b, 51a, 51b 光軸センサ
12a, 12b, 28, 52a, 52b 位置センサ
25 X線強度分布センサ

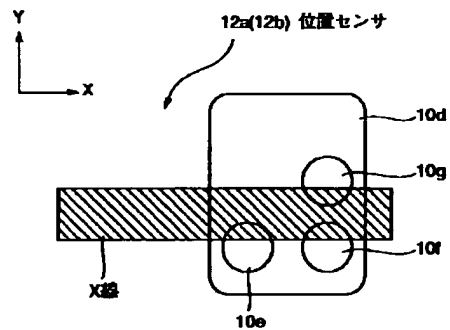
【図1】



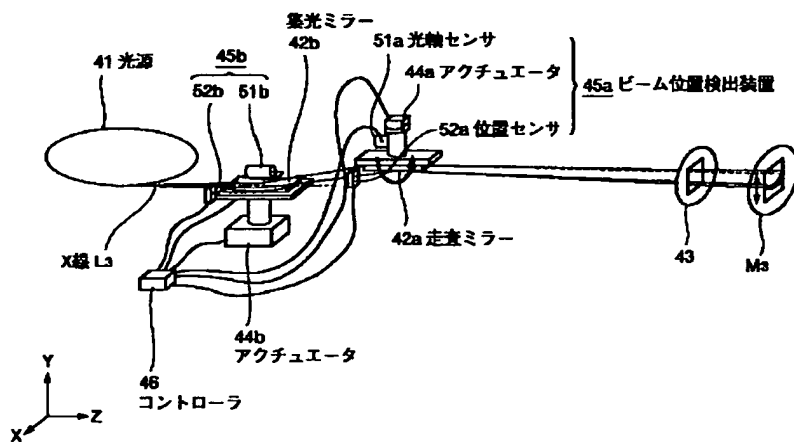
【図2】



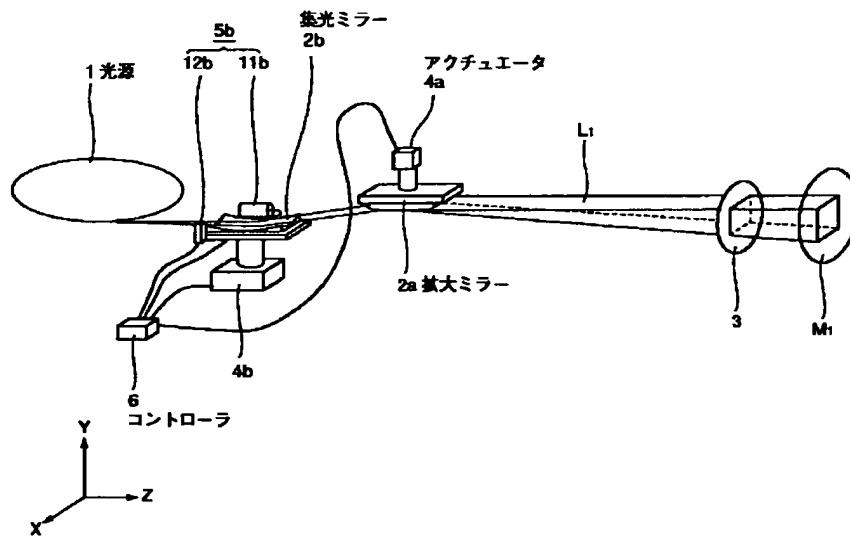
【図3】



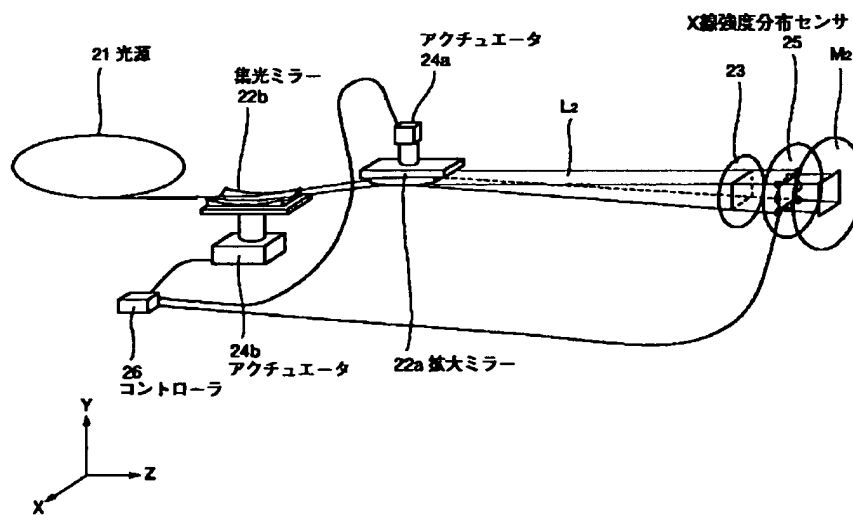
【図9】



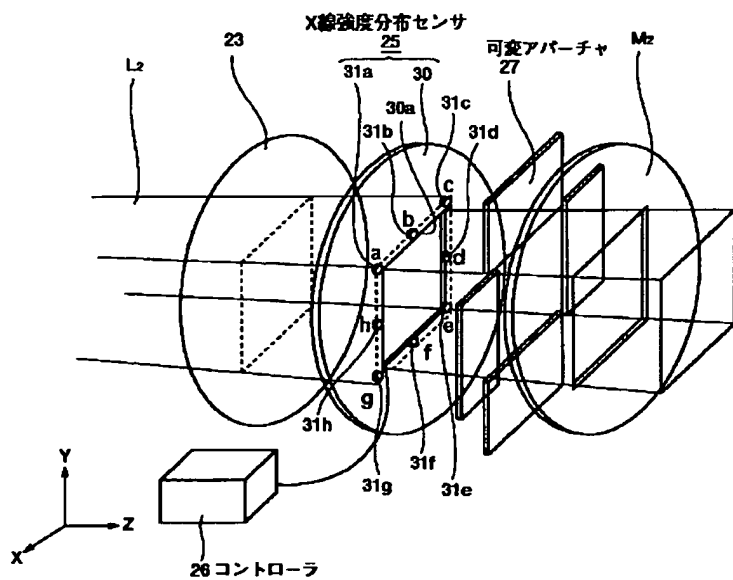
【図4】



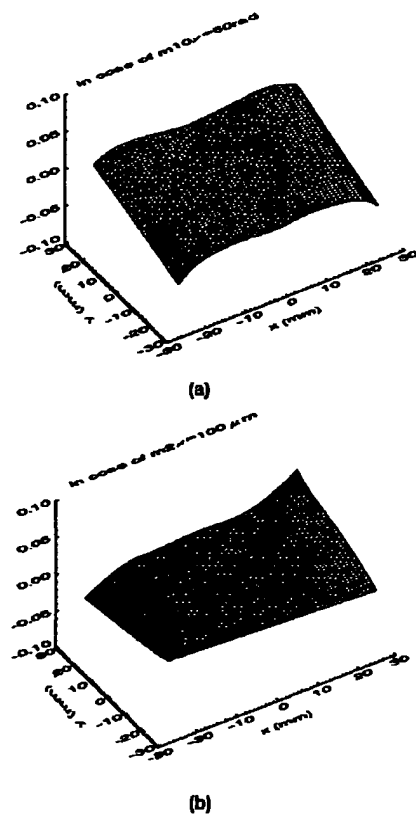
【図5】



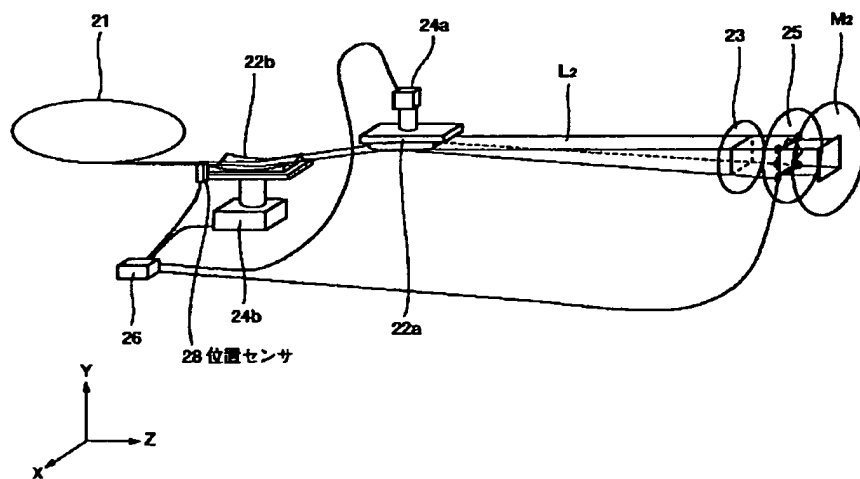
【図6】



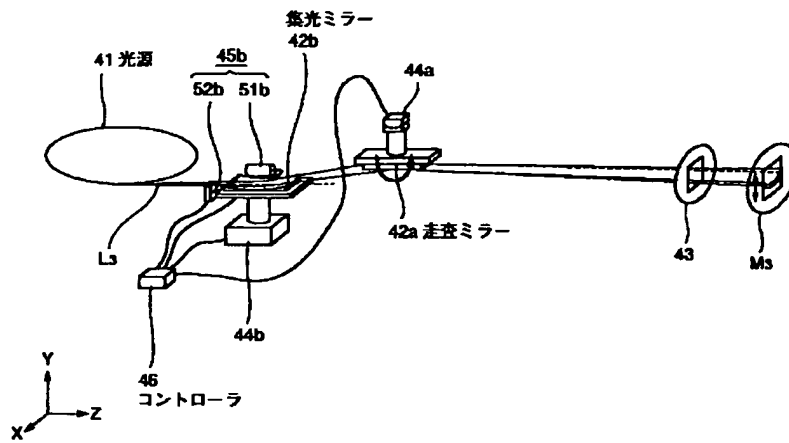
【図7】



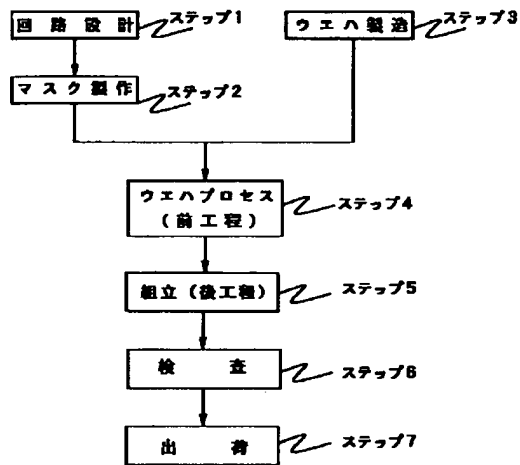
【図8】



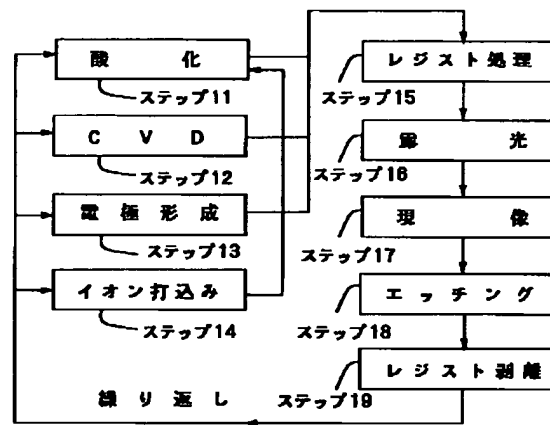
【図10】



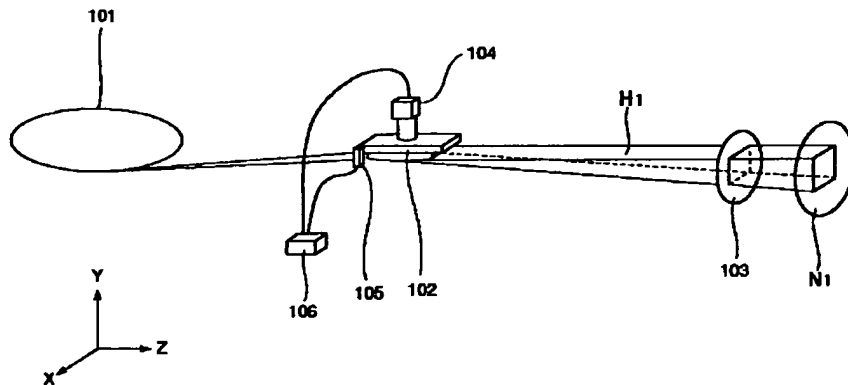
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

